

DOI: 10.3969/j.issn.1004-6933.2010.05.013

# 河西内陆河流域黑河污染物总量控制方案研究

牛最荣<sup>1,2</sup>, 黄维东<sup>2</sup>, 赵文智<sup>1</sup>, 赵治文<sup>2</sup>

(1. 中国科学院寒区旱区研究所, 甘肃 兰州 730000; 2. 甘肃省水文水资源局, 甘肃 兰州 730000)

**摘要** 在分析评价黑河流域水污染现状的基础上, 对黑河纳污能力进行了分析计算, 预测了规划水平年废污水量和主要污染物的排放量与入河量, 确定了主要污染物的控制量和消减量, 以此作为水功能区水质管理的主要控制性指标, 为黑河流域水资源管理和保护提供决策依据。

**关键词** 纳污能力; 总量控制; 化学需氧量; 氨氮; 黑河

**中图分类号** X32      **文献标识码** B      **文章编号** 1004-6933(2010)05-0054-03

## Study on total pollutant amount control program of Heihe River in Hexi Inland River Basin

NIU Zui-rong<sup>1,2</sup>, HUANG Wei-dong<sup>2</sup>, ZHAO Wen-zhi<sup>1</sup>, ZHAO Zhi-wen<sup>2</sup>

(1. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 2. Gansu Hydrology and Water Resources Bureau, Lanzhou 730000, China)

**Abstract**: On the basis of analysis and evaluation of the current water pollution status in the Heihe River Basin, the assimilative capacity of the Heihe River was calculated. The quantities of wastewater, the main pollutant emissions, and the amount of pollutants entering the river in an average planned year were predicted. The control amount and reduction amount of the main pollutant were determined, and used as the main control indexes for water quality management of the water functional zone, providing a basis for water resources management and protection decisions the Heihe River Basin.

**Key words**: assimilative capacity; total amount control; COD; ammonia nitrogen; Heihe River

黑河位于甘肃省河西走廊中部, 是我国第 2 大内陆河。流域中游的张掖、酒泉等市土地资源丰富, 日照时间长, 农业耕作历史悠久, 其社会、政治、经济、文化相对发达, 人口比较密集, 用水量不断增加, 流域水资源供需矛盾日益突出。有限的水资源, 制约了张掖、酒泉等市社会经济的进一步发展, 同时也影响了位于下游的内蒙古额济纳旗的生态环境, 尾间湖泊干枯, 植被成片死亡, 绿洲不断萎缩。为遏制下游生态环境恶化的趋势, 维持河流健康生命, 实现流域经济和社会可持续发展, 国务院制定了黑河干流省际分水方案, 连续 9 年完成分水任务。地处黑河流域的张掖市是全国节水型社会建设的第 1 个试点城市, 为解决区域经济社会发展与水资源严重短缺的矛盾找到了最为有效的途径。黑河流域的水资源

问题, 归根结底是由水资源短缺所致, 随着社会经济的不断发展, 水环境污染引起的水质型缺水问题日益突出, 备受社会关注<sup>[1-2]</sup>。分析评价河流水质现状, 研究河流纳污能力, 对污染物总量进行控制, 是加强水资源保护、解决水质型缺水问题的根本途径。

### 1 流域概况

黑河流域地跨甘肃、青海、内蒙古 3 省区, 位于东经 98°00' ~ 102°04', 北纬 37°50' ~ 42°40', 流域面积 12.83 万 km<sup>2</sup>。流域多年平均年降水量 172.3 mm, 年径流量 20.84 亿 m<sup>3</sup>。黑河发源于青海省祁连县, 其上游分东、西 2 条支流, 东支八宝河与西支野牛沟在黄藏寺汇合, 称甘州河, 出山后进入张掖盆地称黑

基金项目 2008 年甘肃省水资源管理重点项目

作者简介: 牛最荣(1964—), 男, 甘肃通渭人, 教授级高级工程师, 硕士, 主要从事水文水资源及环境监测、评价和研究工作。E-mail:

zmiu12@sina.com

河,以下分别有山丹河、民乐洪水河、梨园河、摆浪河等支流加入,流经金塔鼎新盆地,称额济纳河,向北进入内蒙古额济纳旗境内的居延海,全长约 800 km。黑河流域水系分布见图 1。

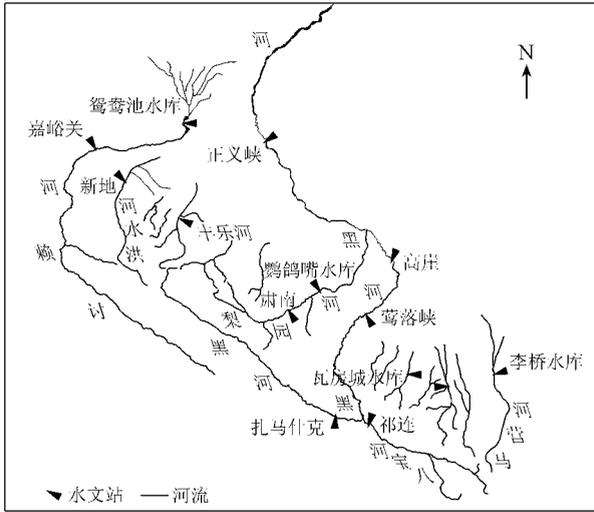


图 1 黑河流域水系分布

## 2 水污染现状分析

据 2005 年甘肃省水资源公报资料<sup>[3]</sup>,2005 年黑河流域废污水排放总量为 11 348 万 t,主要污染物 COD 排放量 2.0638 万 t, NH<sub>3</sub>-N 排放量为 0.2435 万 t。其中较大的工业排污口 19 处,废污水排放量 11 348 万 t,主要污染物中 COD 排放量 1.6746 万 t, NH<sub>3</sub>-N 排放量 0.1856 万 t,城镇生活排污口 13 个,污水排放量 1 981 万 t, COD 排放量 0.389 2 万 t, NH<sub>3</sub>-N 排放量 0.0579 万 t。现有较大入河排污口 30 处,入河废污水量 9 532 万 t,其中工业废水入河量 4 063 万 t,生活污水入河量 53 万 t,混合入河量 5 416 万 t。COD 入河量 1.7336 万 t, NH<sub>3</sub>-N 入河量 0.204 5 万 t。2005 年黑河流域面源污染物产生量中, COD 116 485 t/a, NH<sub>3</sub>-N 5 805 t/a, TN 58 873 t/a, TP 63 939 t/a,面源污染物入河量中, COD 90 55 t/a, NH<sub>3</sub>-N 519 t/a, TN 5 435 t/a, TP 4 869 t/a。

按照 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》,选取 pH、DO、COD<sub>Mn</sub>、COD、BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N、挥发酚、氰化物、石油类、氟化物、总砷、总汞、六价铬、总铜、总铅、总镉等 18 项参数,采用单因子法,对 13 个水质评价断面、1 267.5 km 的评价河长进行评价<sup>[4]</sup>。结果表明:不同类别水质河长所占比例, I、II 类占 23.2%, III 类占 30.8%, IV 类占 30.8%, V 类占 7.6%,劣 V 类占 7.6%;总体上汛期河流水质好于非汛期。

## 3 水功能区纳污能力计算

### 3.1 水功能区划及总量控制原则

黑河流域水功能区划分为一级区划和二级区

划,一级水功能区涉及黑河、大堵麻河、洪水河、马营河、山丹河、梨园河、丰乐河、洪水坝河、讨赖河等 9 条河流 18 个水功能区,总区划河长 1 816 km。黑河干流从源头到居延海 822 km,划分为 5 个一级区,从源头到野牛沟 130 km 划分为祁连源头水保护区,野牛沟到莺落峡 174 km 划分为青甘保留区,莺落峡到正义峡 185 km 划分为甘肃开发利用区,正义峡到哨马营 117 km 为甘肃生态保护区,哨马营到居延海 216 km 划分为内蒙额济纳旗生态保护区。水功能二级区是开发利用区的细化,共分为饮用水源区、工业用水区、农业用水区、渔业用水区、景观娱乐用水区、过渡区、排污控制区等 7 个水功能区,二级区涉及黑河等 9 条河流 12 个水功能区,总区划河长 827.5 km。

规划水平年污染物入河控制原则如下:若入河量小于纳污能力,则入河量作为其入河控制量;若入河量大于纳污能力,如果入河削减量在 30% 以内即可达到功能区要求的(入河量小于或等于纳污能力)则入河控制量即等于纳污能力;若入河量大于纳污能力,且入河削减量在 30% 以上仍不能达到功能区要求的,按以下情况确定入河控制量:对于黑河流域主要饮用水源区、省界水体等重要功能区,无论削减量多大,都应在 2015 年达到水质目标要求;对于黑河流域其他水功能区入河削减量按 30% ~ 50% 控制。

### 3.2 水功能区纳污能力计算

水功能区纳污能力是指对确定的水功能区,在满足水域功能要求的前提下,按给定的水功能区水质目标值、设计水量、排污口位置及排污方式,功能区水体所能容纳的最大污染物质量<sup>[5]</sup>。黑河流域纳污能力计算采用一维模型<sup>[6-7]</sup>,计算因子选取污染较为严重的 COD 和 NH<sub>3</sub>-N。纳污能力计算范围主要是开发利用区,对于保护区和保留区,由于现状水质良好,对其纳污能力不再计算,维持现状水质要求。纳污能力计算公式如下:

$$W = \rho_s \left( Q + \sum q_i \right) \exp \left( k \frac{x_1}{86.4u} \right) - \rho_0 Q \exp \left( -k \frac{x_2}{86.4u} \right) \quad (1)$$

式中:W 为计算单元的纳污能力, g/s; Q 为河段上断面设计流量, m<sup>3</sup>/s; ρ<sub>s</sub> 为计算单元水质目标值, mg/L; ρ<sub>0</sub> 为计算单元上断面污染物浓度, mg/L; q<sub>i</sub> 为旁侧入流量, m<sup>3</sup>/s; k 为污染物综合降解系数, 1/d; x<sub>1</sub> 为旁侧入流概化口至下游控制断面的距离, km; u 为平均流速, m/s; x<sub>2</sub> 为旁侧入流概化口至上游对照断面的距离, km。

黑河流域 COD 的 k 值取 0.40, NH<sub>3</sub>-N 取值 0.21。

采用式(1)计算,黑河流域现状年 COD 纳污能力为 5.5338 万 t/a, NH<sub>3</sub>-N 纳污能力为 0.1222 万 t/a。根据黑河干流水资源统一管理和调度工程体系,预测 2015 年,黑河干流上游和中游分别建设黄藏寺和正义峡水库,水库建成后,黑河干流莺落峡、高崖和正义峡断面 75% 保证率枯水期流量比现状年有所增加,莺落峡断面流量由 11.5 m<sup>3</sup>/s 增加到 12.9 m<sup>3</sup>/s,高崖断面流量由 8.02 m<sup>3</sup>/s 增加到 9.69 m<sup>3</sup>/s,正义峡断面流量由 2.98 m<sup>3</sup>/s 增加到 11.5 m<sup>3</sup>/s。黑河干流 COD 的纳污能力将由 4.603 2 万 t/a 增加到 5.7003 万 t/a, NH<sub>3</sub>-N 的纳污能力由 0.073 1 万 t/a 增加到 0.1268 万 t/a。2015 年以后,黑河干、支流基本上没有大型水利工程和调(引)水工程建设,水资源总量及分布不会有较大变化,2030 年纳污能力和 2015 水平年一致。

黑河流域纳污能力主要在黑河干流, COD 占到全流域的 83.2%, NH<sub>3</sub>-N 占到全流域的 59.8%, 纳污能力受上游背景浓度、水功能区水质目标、流量、流速、河长、污染物综合降解系数等多种因素影响,尤其是黑河干流水功能区河段较长,流量变化幅度大,在进行纳污能力计算时,流量、流速等参数尽量和长系列资料的水文站结合起来,以保证计算的准确性。

#### 4 废污水及污染物排放量预测

考虑规划水平年流域经济社会发展、城镇人口增长、工业增长、中水回用率、生活污水处理率等因素,结合区域污染源的现状排放情况,对废污水及污染物排放量进行预测<sup>[8-9]</sup>,结果见表 1。2005—2015 年,生活、工业需水量增长率分别为 4.8%、2.8%,废污水排污量增长率为 0.9%;2015 年至 2030 年,生活、工业需水量增长率分别为 2.7%、1.8%,废污水排污量增长率为 1.4%。近期和远期相比较,排污

量增长率低于用水量增长率,需水量和废污水排污量增长率均在降低,规划年水重复利用率以及污染治理水平在提高。

表 1 黑河流域规划水平年废污水排放量、污染物排放量预测结果

水平年	废污水排放量/万 t	污染物排放量/(t·a <sup>-1</sup> )	
		COD	NH <sub>3</sub> -N
现状年	11 348	20 638	2 435
2015 年	12 393	13 133	1 880
2030 年	15 381	14 795	2 143

废污水及污染物排放量乘以入河系数即可得到废污水入河量、污染物入河量。入河系数按现状年调查、监测结果确定为 0.84,废污水及污染物入河量成果见表 2。

表 2 黑河流域入河污染物排放量预测结果

水平年	入河废污水/万 t	入河污染物量/(t·a <sup>-1</sup> )	
		COD	NH <sub>3</sub> -N
现状年	9 532	17 336	2 045
2015 年	10 410	11 032	1 579
2030 年	12 920	12 428	1 800

#### 5 污染物入河控制量和削减量

污染物入河控制量以满足水功能区水质目标为最终目的,以水功能区纳污能力为约束条件,确定可以进入水功能区的最大污染物量。如果污染物入河量超过污染物入河控制量,则必须采取措施进行污染物削减。根据黑河流域各县区经济社会发展预测的各水功能区不同水平年污染物入河量,与相对应的纳污能力进行对比,结合水功能区污染物总量控制方案,提出各行政区不同水平年污染物的入河量和削减量。利用污染物入河系数推求行政区相应陆域污染源的排放控制量和削减量<sup>[10]</sup>,结果见表 3。

表 3 黑河流域入河污染物总量控制、排放控制量和削减量

t/a

地级行政区	水平年	COD				NH <sub>3</sub> -N			
		入河控制量	入河削减量	排放控制量	排放削减量	入河控制量	入河削减量	排放控制量	排放削减量
张掖市	现状年	6489	3745	7737	4465	255	564	300	666
	2015 年	4023	607	4790	721	435	155	511	183
	2030 年	4332	869	5157	1032	279	353	329	416
嘉峪关	现状年	2104	2599	2480	3074	89	876	107	1047
	2015 年	2006	2427	2366	2885	367	359	440	428
	2030 年	1741	3474	2055	4126	113	774	138	923
酒泉	现状年	1173	1226	1409	1473	48	214	57	257
	2015 年	1570	398	1892	479	156	108	187	130
	2030 年	1173	840	1413	1012	48	233	57	280
合计	现状年	9766	7570	11626	9012	392	1654	464	1970
	2015 年	7599	3432	9048	4085	958	622	1138	741
	2030 年	7246	5183	8625	6170	440	1360	524	1619

(下转第 61 页)

流向及排水去处进行统一规划。要建立调水联席会议制度,信息共享,及时沟通,快速响应,相互支持,紧密配合,形成合力,确保调水工作统一有序进行。

c. 加强行业服务和监管力度。行业管理部门要认真履行职责,从全局和整体的角度,因地制宜,指导和协助基层单位制定并完善调度方案,扩大调水工作受益面。建立健全引清调水管理体制,进一步加强引清调水工作监管力度,及时协调区域之间的矛盾,对违反调度要求运行的水闸,要及早发现,及早制止。

d. 加大资金支持力度。开展引清调水工作,水闸运行频繁,增加了运行和维修保养费用。根据2004年进行的测算,正常年份下调水费用约6000万元/a。目前随着动力引排水力度的加大,费用增加更为可观。应尽量争取市、区(县)、镇3级财政的资金和政策支持力度,对水闸管理单位电费、设备保养费等进行补贴,充分调动其工作积极性,确保水利工程设施设备正常运行,确保调水工作的正常开展。

e. 提高水闸运行管理人员技能素质。以世博为契机,加大水利行业职工荣誉感和责任感教育,通过创品牌、树典型,加大调水工作宣传力度,鼓舞职工的工作士气。同时要采用技能培训、劳动竞赛、师徒带教等形式,提高职工的技能水平,提高突发情况的应急处置能力,尽快排除故障,确保调水工作正常

进行。

f. 尽快推进相关工程建设。结合区域防洪排涝规划的实施,加大区域动力引排能力的建设,特别是要加快在建水闸(泵站)工程进度,尽早发挥泵闸工程效益。目前在调度过程中,河道和水闸不配套的现象较严重,导致无法有效地进行引排调度,调水效益无法充分体现。应结合区域河道整治的开展,进行河道疏浚和水系贯通,以确保调度过程中水流的通畅,同时防止底泥等污染物的二次污染。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国水利部. GB/T 50095—98 水文基本术语和符号标准[S]. 北京:中国计划出版社,1999.
- [2] 阮仁良. 平原河网地区水资源调度改善水质的机理和实践研究:以上海市水资源引清调度为例[D]. 上海:华东师范大学,2003:177-178.
- [3] 屠鹤鸣. 浦东片引清调度改善水质的初步试验与分析[J]. 上海水利,1988(2):12-14.
- [4] 汪松年,阮仁良. 上海市水资源普查报告[M]. 上海:上海科学技术出版社,2001:79-87.
- [5] 杜晓舜,王春树. 上海市引清调水工作研究[J]. 水资源保护,2006,22(5):92-94.
- [6] 黄宣伟. 太湖调水工程对水环境改善的战略意义[J]. 水资源保护,2002(3):37-39.

(收稿日期 2010-01-08 编辑 徐娟)

(上接第56页)

## 6 结语

黑河流域生态环境脆弱,干旱少雨,水资源总量少,中下游河段水质污染较为严重,水质型缺水问题突出。综合考虑流域水污染现状、水功能区水质管理目标、河流纳污能力等因素,以确定的污染物排放控制量和消减量作为水质管理的控制性指标,统筹安排生活用水、工业用水、农业用水、生态环境用水,为黑河流域水资源管理和保护提供决策依据,促进黑河流域水资源可持续利用。

#### 参考文献:

- [1] 廖文根,李锦秀,彭静. 对我国水资源保护规划中若干定量问题的探讨[J]. 水力发电,2002(5):8-10.
- [2] 刘昌明,陈志恺. 中国水资源现状评价和供需发展趋势分析[M]. 北京:中国水利水电出版社,2001:2-10.
- [3] 甘肃省水利厅. 甘肃省水资源公报(2005)[R]. 兰州:甘肃省水利厅,2006.
- [4] 夏军. 区域水环境与生态环境质量评价[M]. 武汉:武汉水利电力大学出版社,1999.
- [5] 张逢甲,金传良,顾丁锡,等. 水污染物容许排放量的计

算方法[M]. 北京:中国科学技术出版社,1991:25-40.

- [6] 傅国伟. 河流水质数学模型及其模拟计算[M]. 北京:中国环境科学出版社,1987:30-56.
- [7] 牛最荣,陈颂平,谷杏安,等. 甘肃省渭河干流水资源保护动态管理模型研究[R]. 兰州:甘肃省水文水资源局,2006.
- [8] 牛最荣. 祖厉河泥沙特性及流域生态环境建设[J]. 东北水利水电,2002(5):43-44.
- [9] 甘肃省水功能区划编制组. 甘肃省水功能区划(2007)[R]. 兰州:甘肃省水利厅,甘肃省环保局,2007.
- [10] 赵治文. 黑河流域水资源保护规划方案探讨[J]. 甘肃水利水电技术,2008(3):189-195.

(收稿日期 2009-12-07 编辑 徐娟)

